

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-156331

(P2001-156331A)

(43) 公開日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テ-マ-ト* (参考)

C 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-340039

(22) 出願日 平成11年11月30日 (1999. 11. 30)

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 小牧 稔生

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 北野 晃行

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

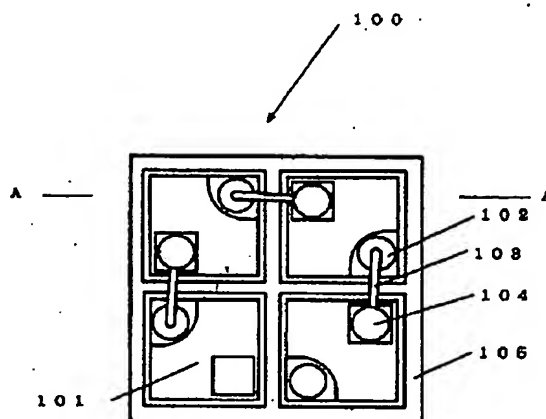
Fターム (参考) 5F041 AA03 CA34 CA40 CA74 CB25
DA07

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 窒化物半導体を利用した発光素子に関わり、特に発光効率を高めより高輝度に発光可能な窒化物半導体発光素子を提供するものである。

【解決手段】 少なくともGaを含む窒化物半導体が基板上にp型及びn型に積層された有する発光素子である。特に、窒化物半導体層は同一成膜基板上で電気的に複数分離してなり、それぞれの窒化物半導体層が導電性ワイヤで電気的に接続されている窒化物半導体発光素子である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に p 型及び n 型に積層された少なくとも Ga を含む窒化物半導体を有する発光素子であって、前記 p 型及び n 型に積層された少なくとも Ga を含む窒化物半導体層は同一成膜基板上で電気的に複数分離してなり、それぞれ分離された個々の窒化物半導体層の電極を導電性ワイヤで電気的に直列及び／又は並列に接続されていることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】 前記導電性ワイヤは、それぞれ電気的に分離された個々の窒化物半導体層の電極をボールボンディングを用いて順次結線されてなる請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】 前記窒化物半導体層の少なくとも一部の電極は、ステッチボンディングされたワイヤ上に、ボールボンディングされ隣接する窒化物半導体層の電極と電気的に接続されている請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は窒化物半導体を利用した発光素子に関わり、特に発光効率を高めより高輝度に発光可能な窒化物半導体発光素子を提供するものである。

【0002】

【従来技術】今日、窒化物半導体を利用した発光素子はそのバンドギャップによって紫外域から赤色領域までが効率よく発光可能な発光素子として注目されている。このような窒化物半導体を用いた発光素子 400 の一例を図 4 に示す。図 4 にはサファイア基板上に GaN のバッファ層を介して n 型 GaN を利用した n 型コンタクト層、多重量子井戸構造とされる GaN 層と InGaN 層とを複数層積層させた発光層、p 型 AlGaIn のクラッド層、p 型 GaN の p 型コンタクト層及び p 型コンタクト層からなる窒化物半導体層 401 が形成され LED チップである発光ダイオードを構成している。n 型コンタクト層の一部は露出され n 型電極 402 が又透光性電極 403 上には p 型電極 404 が積層されている。n 型及び p 型電極に電流を流すことにより、LED チップから所望の発光スペクトルを効率よく放出させることができる。

【0003】しかしながら、窒化物半導体を利用した発光素子の利用分野が広がるにつれて、より発光輝度が高く、且つ消費電力の低い発光効率の優れた発光素子が要望されている。特に、窒化物半導体を利用した発光素子はその半導体特性が十分解明されていないことから、発光素子の効率向上が極めて難しい。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】したがって、上記発光素子の構成では十分ではなく、本発明は更なる発光効率向上が可能な窒化物半導体を利用した発光素子を提供す

ることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板上に p 型及び n 型に積層された少なくとも Ga を含む窒化物半導体を有する発光素子である。特に、p 型及び n 型に積層された少なくとも Ga を含む窒化物半導体層は同一成膜基板上で電気的に複数分離してなり、それぞれ分離された個々の窒化物半導体層の電極を導電性ワイヤで電気的に直列及び／又は並列に接続されている窒化物半導体発光素子である。これによって、より発光輝度が高く、且つ消費電力の低い発光効率の優れた発光素子とすることができる。

【0006】本発明の請求項 2 に記載の窒化物半導体発光素子は、導電性ワイヤがそれぞれ電気的に分離された個々の窒化物半導体層の電極をボールボンディングを用いて順次結線されてなる窒化物半導体発光素子である。これによって、ウェッジボンダーを用いて結線されたものと比ベスッチボンダと同等の結線を行うことができる。したがって、成膜基板上に形成された各窒化物半導体の配置や方向性に関係なくボンディングすることが可能となる。これにより異種混合されたパターンでのボンディング可能化・ボンディング時間の短縮・電極接合強度の向上を図ることができる。

【0007】本発明の請求項 3 に記載の窒化物半導体発光素子は、窒化物半導体層の少なくとも一部の電極は、ステッチボンディングされたワイヤ上に、ボールボンディングされ隣接する窒化物半導体層の電極と電気的に接続されてなる窒化物半導体発光素子である。これによって、ステッチボンディング上にボールボンディングをする場合においても、同一成膜基板上であるため信頼性よく比較的強固に密着することができる。また、小型化時においても量産性よく窒化物半導体を形成させることができる。これによって、より発光効率を高めた窒化物半導体発光素子とすることができる。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明は種々の実験の結果、窒化物半導体発光素子から放出される光は同一電圧を印可したときに発光する発光強度はその面積の大きさに比例しないことを見出し本発明をなすに至った。さらに、このような発光素子における結線がで量産性や信頼性が大きく変わることを見出し本発明を成すにいたった。

【0009】すなわち、窒化物半導体発光素子においては同一電流を流した場合、発光素子を大きくすればするほど、その発光面積の増大に伴って発光輝度が高くなるものではない。むしろ発光効率が低下する傾向にある。そのため、本発明は複数の窒化物半導体を直列接続させた発光素子とすることにより、同一発光面積の単一発光素子よりも発光効率の優れた発光素子としようものである。なお、本発明による発光効率向上は不明であるが窒化物半導体自体の抵抗が高く、欠陥が多いことに起因し

ていると考えられる。次に、発光効率を向上させるために、同一成膜基板上を複数の窒化物半導体を積層させ、それぞれの電極を導電性ワイヤを用いて電氣的に接続させた場合、直並列接続の組合せによっては極めて狭い箇所方向性なく強固にワイヤを密着させる必要がある。このような場合、ボールボンディングを利用し、ステッチボンディング上には再びボールを形成させることで安定性よく密着性を向上させることができる。特に、本発明のごとき極めて狭い空間でもワイヤボンディングさせる場合は、同一成膜基板にステッチボンド及びボールボンドを続けて行っても安定して密着性よく形成することができる。

【0010】以下、本発明の窒化物半導体発光素子について図1を用いて説明する。図1は本発明の窒化物半導体発光素子を示した模式的平面図であり、図2は図1のAA断面図である。略矩形形状のサファイア基板105上に複数の島状に分離した窒化物半導体層101が形成されている。島状に分離した窒化物半導体層101はそれぞれがサファイア基板105上に、Ga_{0.5}N_{0.5}を用いたバッファ層201、n型コンタクト層となるGa_{0.5}N_{0.5}202、InGa_{0.5}N_{0.5}とGa_{0.5}N_{0.5}とを複数組積層させた量子井戸構造とされる発光層203、p型クラッド層となるAlGa_{0.5}N_{0.5}204、p型コンタクト層となるGa_{0.5}N_{0.5}205が順次積層されている。p型コンタクト層上にはほぼ全面に透光性電極206及びその上にp型台座電極207が設けられている。他方、エッチングにより矩形状窒化物半導体の一部を部分的に除去してn型コンタクト層を露出させてある。なお、n型コンタクト層の露出とサファイア基板上に各窒化物半導体を島状に分離させることをエッチングにより同時に行うこともできる。n型コンタクト層上にはn型の台座電極が形成されており、平面状から見てp型台座電極とn型台座電極とが矩形状の対向する隅部に配置されている。また、島状に分離された各p型及びn型の台座電極は、サファイア基板の外周状に沿って隣り合う島状の窒化物半導体と近接して配置されている。少なくとも一箇所のp型及びn型台座電極間は金線を利用してダイボンド接続され直列接続されている。台座電極間が近接して配置されているために、金線の使用量が極めて少なくてすむ。また、対向する隅部に各p型及びn型の台座電極が設けられていることにより、島状に分離した窒化物半導体層から均一に発光することができる。さらに、サファイア基板の外周に沿ってp型及びn型の台座電極が設けられていることにより、窒化物半導体発光素子の中心光度を向上させることができる。そのため、このような発光素子をレンズ効果のあるモールド部材で被覆させるときには光学設計を極めて簡単に行うことができる。なお、各島状の窒化物半導体層を電氣的に絶縁するために絶縁性保護膜208を形成してもよい。

【0011】図中では4個の島状に分離させたp型及び

n型がそれぞれ積層された窒化物半導体を金線で3箇所直列に接続させてある。金線にて接続させていない隣接する窒化物半導体層上のp型及びn型の台座電極は、窒化物半導体発光素子のp電極及びn電極として機能することとなる。各ワイヤー103は、窒化物半導体層の一方の電極上でボールボンディングし第一のボール部102を形成した後、隣接する窒化物半導体層の電極とステッチボンディングする。このステッチボンディング部にはこの上から更にボールボンディングを行い第二のボール部104を形成させる。以下、本発明の窒化物半導体発光素子の具体的形成方法について説明するがこれのみに限られないことはいうまでもない。

【0012】

【実施例】あらかじめ、酸で表面を洗浄させた2インチのサファイア基板(α-アルミナ基板)をMOCVD法を利用する反応装置内に配置させる。真空排気後、1000℃にまで上げクリーニングを行う。続いて、水素ガスを流しながら大気圧とさせる。次に、成膜温度を530℃に下げ反応装置内に、原料ガスとしてTMG(トリメチルガリウム)、窒素ガスをキャリアガスとして水素ガスと共に流し、厚さ約200ÅのGa_{0.5}N層を成膜させる。なお、バッファ層は窒化物半導体と基板との格子不整合を緩和させるために設けられるものであり、Ga_{0.5}Nの他、Al_{0.5}N、Ga_{0.5}Al_{0.5}Nなどを好適に利用することができる。また、基板はサファイアの他、スピネル、ルビーなど種々のものを利用することができる。

【0013】次に、一旦キャリアガスのみとした後に成膜温度を1050℃に上げる。成膜温度が一定となった後に原料ガスとしてTMGガス、窒素ガス、ドーパントガスとしてシランガス、キャリアガスとして水素ガスを流しn型Ga_{0.5}Nであるコンタクト層兼クラッド層を成膜させる。なお、窒化物半導体は静電耐圧が他の半導体に比べて低いので、n型コンタクト層をアンドープのGa_{0.5}Nなどでサンドイッチさせ結晶性と耐電圧を向上させるように構成しても良い。

【0014】次に、活性層としてGa_{0.5}NとInGa_{0.5}Nの多層膜を形成させる。成膜温度を1050℃に維持したまま、原料ガスとしてTMGガス、窒素ガス及びキャリアガスとして水素ガスを流してGa_{0.5}N層を形成する。続いて、一旦キャリアガスのみとして、成膜温度を800℃にまで低下させる。温度が一定となった後に、原料ガスとしてTMGガス、TMI(トリメチルインジウム)ガス、窒素ガスを流し、InGa_{0.5}N層を形成させる。これを3回繰り返した後、最後に上述のアンドープGa_{0.5}Nと同様の成膜条件にてGa_{0.5}N層を成膜させる。これにより、多重量子井戸構造とされる活性層を成膜させる。発光素子の発光スペクトルは井戸層のバンドギャップに左右されるためInGa_{0.5}Nの他、AlGa_{0.5}In_{0.5}NやAlGa_{0.5}Nなどとすることができる。同様に、Siなどのn型不純物やMgなどのp型不純物を含有させることもでき

る。

【0015】活性層成膜後、成膜温度を1050℃に保持して、原料ガスをTMA（トリメチルアルミニウム）ガス、TMGガス、窒素ガス、ドーパントガスとしてCp₂Mgガス及びキャリアガスとして水素ガスを流し、p型クラッド層となるAlGaIn層を成膜させる。p型クラッド層は結晶性を向上させたためにGaInとAlGaInの超格子構造とさせることもできる。

【0016】成膜温度を維持したまま、原料ガスをTMGガス、窒素ガス、ドーピングガスとしてCp₂Mgガス及びキャリアガスとして水素ガスを流し、p型コンタクト層となるGaIn層を成膜させることができる。

【0017】こうして成膜させた窒化物半導体ウエハにマスクをかけた後、エッチングにより本発明のごとく、同一成膜基板上に電氣的に分離され且つ、pn接合などを持った複数の島状半導体の窒化物半導体を個々に形成する。n型電極を形成させるn型コンタクト層の一部及び窒化物半導体を島状に分離させマスクを除去後、再び電極形成用のマスクを形成させてスパッタリング法によりp型透光性電極としてAuを成膜させる。

【0018】p型台座電極としてNi/Au及びn型台座電極としてW/Alを、あらかじめ図1のごとく配置できるようにマスクを形成してある。電極形成後、電極表面を残して、SiO₂により保護膜を形成させる。

【0019】続いて島状に分離した4個の窒化物半導体をひとまとめにして、ダイサー及びスクライバーにより分離した溝に沿ってサファイア基板を切断する。

【0020】次に、島状の窒化物半導体のn型台座電極と、隣り合う島状の窒化物半導体のp型台座電極とをワイヤボンディングにより電氣的に直列接続させる。より具体的には、あらかじめ金線にボールを形成させた後、島状窒化物半導体のn型台座電極或いはp型台座電極にボールボンディングさせる。ボールボンディングさせた金線を延ばしつつ、隣り合う島状窒化物半導体のp型台座電極或いはn型台座電極にステッチボンディングさせ隣り合う島状窒化物半導体を直列接続させる。続いて、成膜基板上に形成された窒化物半導体を固定させるワークを回転させることなく、一度ステッチボンディングさせたワイヤ上に再びボールボンディングを行う。続いて、ステッチボンディング上にボールボンディングさせた金線を延ばしつつ、次に隣り合う隣り合う島状窒化物半導体のp型台座電極或いはn型台座電極にステッチボンディングさせ隣り合う島状窒化物半導体を電氣的に直列接続させる。なお、窒化物半導体の大きさが極めて小さい場合、ボールボンディングをn型及びp型台座電極に直接押しつけることによって一度に直列接続させることもできる。

【0021】同一の発光面積を持った単一窒化物半導体発光素子に比べて、同一成膜基板上に形成させた複数の窒化物半導体からなる窒化物半導体発光素子の方が発光

効率が高い。そのために直列接続のみに限らず、並列接続或いは直並列接続した本発明の窒化物半導体発光素子とさせることもできる。また、各島状窒化物半導体を集中して配置させることもできるし、図3のごとく、直線上に配置させることもできる。サファイア基板305上に形成させた島状の窒化物半導体素子301を図3

(A)に示すようにワイヤー303で直列接続させる場合、各島状窒化物半導体に抵抗を少なく電流を流す必要があることからボワイヤボンディングにより直列接続させることが好ましい。特に、ボールボンディングさせた第一のボール部302の他方に形成されるステッチボンディング上には再びボールとして第二のボール部304を形成することが好ましい。同様に図3(B)に示すごとく並列接続させることもできる。

【0022】島状窒化物半導体の個々の大きさが約150μm角として上述の窒化物半導体発光素子を形成させる。また、本発明と比較のために発光面積がほぼ同様とさせ、一つの窒化物半導体を積層させた以外は同様にして約600μm角の窒化物半導体発光素子を形成させる。本発明の窒化物半導体発光素子の発光強度を100として比較したところ、比較のための発光素子は82%にしかすぎなかった。本発明の窒化物半導体は一つの窒化物半導体に比較して発光効率が優れていることが分かったが、島状窒化物半導体の個々の大きさがそれぞれ約80μmより大きく、約300μm未満において、より量産性を満たしつつ効率を向上させることができる。したがって、より発光面積の大きい窒化物半導体を高輝度に発光させるためには、個々に分割させた窒化物半導体を直列に接続させた窒化物半導体とすることが好ましい。なお、図においては、正方形の窒化物半導体素子のみを示したが、サファイア基板の分離しやすさのために菱形やフリップチップ実装を考慮した長方形としたものにも応用できる。

【0023】

【発明の効果】本発明の窒化物半導体発光素子とすることによって、大面積においても効率よく発光可能な窒化物半導体発光素子とすることができる。また、ウエッジボンダーでのステッチボンドではできなかった方向性なくボンディングすることが可能となる。したがって、異種混合されたパターンでのボンディング可能化・ボンディング時間の短縮・電極接合強度の向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の窒化物半導体発光素子の模式的平面図である。

【図2】 図1のAA断面における模式的断面図である。

【図3】 図3(A)は直列接続させた本発明の別の窒化物半導体発光素子の模式的平面図であり、図3(B)は、並列接続させた本発明の窒化物半導体発光素子の模

式的平面図である。

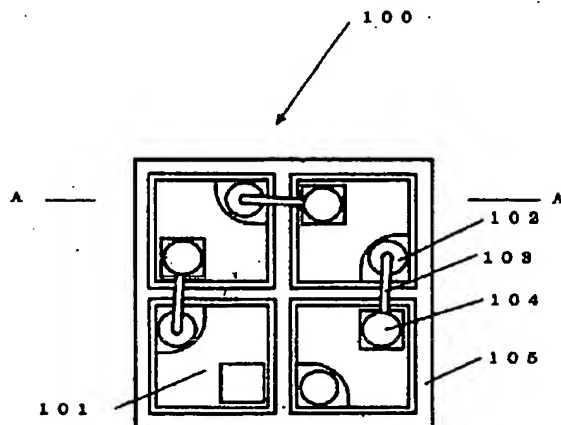
【図4】 本発明と比較のために示す窒化物半導体発光素子の模式的平面図である。

【符号の説明】

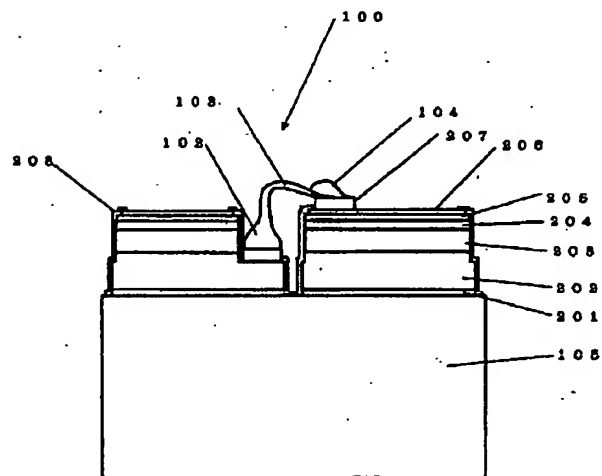
- 100…本発明の窒化物半導体発光素子
 101…同一成膜基板上に形成された個々の島状窒化物半導体
 102…第一のボール部
 103…ワイヤー
 104…スッテチボンディング上に形成された第二のボール部
 105…サファイア基板
 201…バッファ層
 202…n型コンタクト層
 203…多重量子井戸構造とされる活性層
 204…p型クラッド層
 205…p型コンタクト層

- * 206…透光性電極
 207…p型台座電極
 208…絶縁性保護膜
 300…直列接続された本発明の窒化物半導体発光素子
 301…同一成膜基板上に形成された個々の島状窒化物半導体
 302…ワイヤーのボール
 303…ワイヤー
 304…スッテチボンディング上に形成されたボール
 305…サファイア基板
 301…並列接続された本発明の窒化物半導体発光素子
 400…本発明と比較のために示された窒化物半導体発光素子
 401…窒化物半導体層
 402…n型電極
 403…透光性電極
 * 404…p型電極

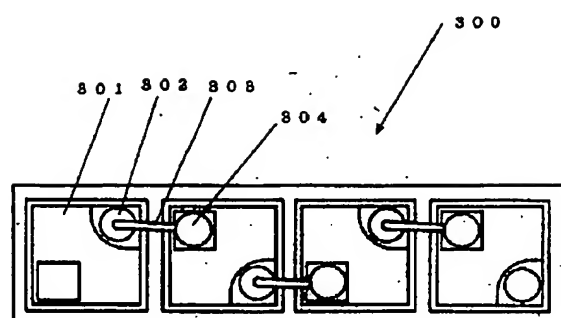
【図1】



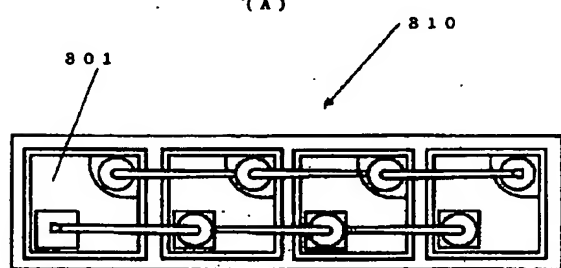
【図2】



【図3】



(A)



(B)

【図4】

